Lane Medical Library

Die Uebergangsformen zwischen typischen Skelettzellen (Bast und Libriform) und mechanisch wirksamen parenchymatischen Elementen.

(Mit 12 Figuren im Text).

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

GENEHMIGT

VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN.

Von

Joseph Reitler
aus Wehrden (Rheinl.).

Tag der Promotion: 9. März 1910.

117

Referenten:

Prof. Dr. **S. Schwendener.**
Prof. Dr. **A. Engler.**

Druck von Emil Ebering, Berlin NW. 7, Mittelstr. 29.

Meinen Eltern.

Einleitung.

Den Begriff der typischen Skelettzellen, d. h. solcher Zellen, deren Funktion die Festigung der Pflanzenorgane ist und die in ihrem anatomischen Charakter diese ihre Funktion unzweideutig zum Ausdruck bringen, hat Schwendener (Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen. Leipzig 1874.) zuerst genau präzisiert. Als allgemeinste Merkmale dieser Elemente fand er „die prosenchymatische Form und die longitudinale oder linksläufig-spiralige Anordnung der Moleküle; dazu kommt in der Regel eine sehr beträchtliche Länge, eine dem molekularen Bau entsprechende Form und Stellung der Poren, sowie ein luftführendes Lumen. Alles übrige, wie z. B. die Beschaffenheit und relative Dicke der Membran, die Größe des Querdurchmessers usw. ist großen Schwankungen unterworfen. Aber auch in diesen untergeordneten Merkmalen stimmen die Zellformen der verschiedenen Pflanzenklassen oft so auffallend überein, daß die Unterscheidung beliebig durch einander liegender Bastzellen von Lykopodien, Farnkräutern, Monokotylen usw. bei richtiger Auswahl gar nicht möglich ist. Das mechanische System der höheren Gewächse besteht somit durchweg aus den nämlichen Zellformen.“ Offenbar deshalb, weil gerade diese anatomischen Charaktere die Zellen zu den höchsten mechanischen Leistungen befähigen. Wenn die Moleküle, wie wir uns vorstellen, in Reihen angeordnet und so gewissermaßen zu Fibrillen aneinandergereiht sind, so liegt es auf der Hand, daß der Zusammenhalt der von den Fibrillen gebildeten Zellwände

und ihre Widerstandsfähigkeit gegen Zug und Druck wesentlich andere sein müssen, wenn die Fibrillen längs- oder nahezu längsgerichtet sind, als wenn sie, wie dies für Parenchym vielfach beobachtet ist, fast quer verlaufen. Die Zuspitzung ist notwendige Vorbedingung für ein nachträgliches Längenwachstum, wobei sich die einzelnen Elemente mit ihren Spitzen zwischen einander und dann aneinander vorbei schieben können. Dies aber hat zur Folge eine größere Kompaktheit und also auch Leistungsfähigkeit des Stereidenbündels, da nun an einem beliebigen Punkt, durch den man einen Querschnitt macht, auf der Querschnittsfläche eine viel größere Anzahl von Fasern sich vorfindet, als ursprünglich dort angelegt wurde.

Je mehr der Verlauf der Molekülreihen aus der Längsrichtung in die Querrichtung übergeht, desto tiefer muß die mechanische Leistungsfähigkeit der Zelle sinken, bis sie bei einem Querverlauf der Molekülreihen ceteris paribus die geringste ist für Kräfte, die in longitudinaler Richtung wirken. Dagegen wird mit der Annäherung der Reihen an die Querrichtung ebenso sehr die Widerstandsfähigkeit gegen seitlich wirkende Kräfte steigen. Das beste Beispiel hierfür bieten die Verdickungen der Ring- und Spiralgefäße, deren Micellarreihen ganz quer verlaufen und so bei dem starken Turgor der die Leitungsbahn umgebenden Zellen das Gefäß vor dem Zerdrücktwerden schützen. Auch sonst werden zu mechanischen Dienstleistungen noch andere Zellformen herangezogen, als die typischen Stereïden, z. B. ausgesprochenes Parenchym: nach Schwendener (l. c. S. 158) „sind die Wandungen der Parenchymzellen hin und wieder gerade an den Stellen verdickt, wo sie sich zwischen die Konstruktionsteile des mechanischen Systems einschieben. In diesem Fall ist ihre mechanische Bedeutung unzweifelhaft: sie dienen zur Absteifung und Verspannung der aus Bast bestehenden Hauptträger: z. B. sind bei Helianthus mollis die Fibrovasalstränge durch scharf abgegrenzte tangentiale

Zonen von Hornparenchym unter sich verbunden. Eine ähnliche Bedeutung haben die dickwandigen Parenchymstrahlen des Libriformringes, zumal wenn sie mehrschichtig sind und eine beträchtliche Längenausdehnung erreichen. Bei den holzigen Gewächsen ist das allerdings gewöhnlich nicht der Fall, indem hier Bast- und Libriformzellen in tangentialer Richtung direkt verbunden sind: die Markstrahlen werden dann nur noch auf Druck in Anspruch genommen.“ So haben wir mechanisch wirksames Parenchym, das auch als Mittel zur Aussteifung des einfachen Hohlzylinders bei Monokotylen dient (Schwendener: l. c. p. 76). Dort sind es die peripherischen Markzellen, die hin und wieder etwas verdickt sind. Bei diesem mechanisch wirksamen Markparenchym sind in den Fällen, die ich untersucht habe, die Molekularreihen in der Querrichtung angeordnet, ganz entsprechend ihrer Funktion als Aussteifungsorgane: als solche werden die Zellen ja bei biegenden Kräften hauptsächlich von seitlichen Druckkräften in Anspruch genommen, die beim Mangel einer genügenden Aussteifung ein Einknicken des Hohlzylinders bewirken würden.

Meine Aufgabe in vorliegender Arbeit ist es, diejenigen Zellformen zu untersuchen, die eine Mittelstellung zwischen den beiden soeben charakterisierten Formen einnehmen, die demnach weder als typische Stereïden, noch als typische Parenchymzellen angesprochen werden können, sondern eine Mischung von Eigenschaften der einen wie der andern Klasse aufweisen. Damit sind diese Zellen anatomisch in etwa charakterisiert. Sie sind aber auch oft Uebergangsglieder im topographischen Sinn, indem sie lokal in einer bestimmten Richtung ganz allmählich aus einer Gewebeform in die andere überleiten.

Die fraglichen Zwischenformen sind im Zusammenhang noch nicht beschrieben. In Arbeiten, welche die Gesamtanatomie einer bestimmten Pflanze oder eines bestimmten größeren Pflanzenkreises zum Gegenstand haben, sind sie

oft gemäß ihrer mehr untergeordneten Bedeutung für den Gesamtorganismus der Pflanze nebenher kurz erwähnt. Aber auch da, wo sie mehr Beachtung gefunden haben, kam es den Autoren nicht darauf an, den Charakter der Zellen als Uebergangsformen genauer darzustellen, und deshalb sind sie in den meisten Fällen auf eine Untersuchung der Wandstruktur nicht eingegangen. Diese habe ich denn in erster Linie berücksichtigt. Daß die Arbeit keine erschöpfende sein kann, brauche ich eigentlich nicht zu bemerken: es sind nicht sämtliche Pflanzenfamilien auf die in Rede stehenden Zellformen untersucht worden, und auch die untersuchten sind nur bezüglich des oberirdischen Stengels geprüft.

Erster Teil.

Primäre Uebergangsgewebe.

1. Bei Monokotylen.

Wo man zunächst mit Aussicht auf Erfolg Uebergangsformen zwischen echten Stereïden und dem Parenchym zu suchen habe, zeigte mir eine Bemerkung Schwendeners im „Mechanischen Prinzip“ (l. c. p. 76). In der näheren Erörterung über das System des einfachen Hohlzylinders mit eingebetteten oder angelehnten Mestomsträngen sagt der Verfasser: „Die Bastzellen des Ringes sind gewöhnlich zunächst der Außenfläche desselben stärker verdickt als weiter nach innen, übrigens von durchaus normaler Beschaffenheit. Nicht selten ist der Uebergang ins Markgewebe ein allmählicher zu nennen, indem die Dicke der Zellwandungen nach innen langsam abnimmt, und die Zellformen sich ebenso allmählich dem Parenchym nähern.“ Ich habe nun die oberirdischen Stengel von Vertretern mehrerer dort aufgeführter Familien daraufhin genauer geprüft, und zwar aus den Familien der Liliaceen, Commelinaceen, Dioscoreaceen, Orchidaceen, Juncaginaceen, außerdem der Philydraceen, dazu von Dicotylen mit Bastring Geranium und Aristolochia. Als typisch mag zuvörderst das bei Lilium Martagon Ermittelte folgen.

Auf einem Querschnitt durch den Stengel dieser Pflanze fällt leicht der mechanische Ring, aus englumigen, stark verdickten Zellen bestehend, auf. An ihn lehnen sich Mestombündel entweder dicht oder in geringer Entfernung an. Wo erst in einiger Entfernung die Leitbündel auf das kleinzellige

Stereom folgen, ist der Zwischenraum ausgefüllt mit 2—4 Lagen von Zellen, die in Lumenweite und Wanddicke etwa die Mitte halten zwischen den großen Markzellen und den engen Bastfasern. Wo das Stereom zwischen zwei Leitbündeln direkt ins Mark mündet, sind die allmählichen Uebergänge zu bemerken. Zahlen veranschaulichen am besten, wie sich diese Uebergänge der ersten Betrachtung darbieten. Die Durchmesser der Zelllumina sind, von einer zu äußerst liegenden Faser in radialer Richtung nach dem Innern zu fortschreitend, gemessen und in dieser Reihenfolge, in Mikromillimetern ausgedrückt, hier notiert: 8; 7,2; 14,4; 11,2; 25,6; 27,2; 37,6; 33,6; der Durchmesser der Markzellen schwankt zwischen 40 und 90 μ. Man sieht gleich, daß in bezug auf Lumenweite der Uebergang nicht so ganz allmählich sich vollzieht, vielmehr haben die ersten Zellen mit größerem Lumen gleich den doppelten Durchmesser der engen Elemente. Langsamer geht der Uebergang vom Bast zum Mark vor sich, wenn man die Zellwanddicke betrachtet. Bei der Messung wurde dieselbe Reihenfolge innegehalten wie vorhin: 9,6; 16; 9,6; 8,8; 5,6; 5,6; 4; 5,2; 2,8.

Maßgebend für die Beurteilung des anatomischen Charakters der Uebergangsglieder ist jedoch hauptsächlich der radiale Längsschnitt. Die oberflächliche Betrachtung eines solchen Längsschnittes bestätigt das vorhin über die nach dem Innern des Stengels zu erfolgende Zunahme des Querdurchmessers und Abnahme der Wanddicke Gesagte. Die Länge der Bastzellen und der anschließenden Elemente betreffend ergab eine Anzahl von Messungen folgendes Resultat: Enge Bastfasern aus den vier ersten (äußersten) Reihen hatten eine Längenausdehnung von 1,958 bis 3,18 mm. Es waren dies deutlich zugespitzte Fasern mit sehr schiefen Wänden. In der fünften Reihe zeigten sich stellenweise ebenfalls noch sehr schiefe Wände, aber auch schon solche, die mit der Längswand nur einen Winkel von etwa 45° bildeten. Als größte Länge wurden in dieser Reihe 1,87 mm

ermittelt. Weiter nach innen haben die Zellen zunächst noch beträchtliche Längenausdehnung, werden aber doch allmählich kürzer. Im folgenden sind die Zahlen mit Angabe der Reihe, für die sie gelten, notiert:

6. Reihe: 1,085 bis herab zu 0,99 mm.
7. „ 1,0 „ „ „ 0,859 „
8. „ 1,277 „ „ „ 0,774 „
9. „ 1,29 „ „ „ 0,56 „

Weiter nach innen: 0,85 bis herab zu 0,35 mm.

Von der sechsten Reihe an sind nur mehr typische Querwände zu sehen, die anfangs noch öfters Abweichungen von der Querrichtung zeigen, dann aber meistens horizontal gestellt sind.

Wir haben demnach von der sechsten Reihe ab der äußern Form nach lang gestreckte parenchymatische Elemente mit verdickten Wänden, deren Längenausdehnung und Wandstärke nach dem Marke zu abnimmt unter gleichzeitiger Zunahme des Querdurchmessers.

Bezüglich der Länge der Zellen liegen die Verhältnisse in der Rinde ähnlich. Auch hier kann man vom Bast nach außen eine Abnahme der Länge konstatieren. In der ersten Reihe neben dem Bast haben die Zellen eine Länge von 0,655 bis 0,865 mm, in der zweiten Reihe von 0,409 bis 0,525 mm, in der dritten von 0,357 bis 0,403; in der vierten endlich von 0,196 bis 0,252 mm. Jedoch sind diese Rindenzellen von der ersten Reihe an der äußern Form und der Wandstruktur nach typisch parenchymatisch, also nicht Uebergangsformen.

Ein endgültiges Urteil über den anatomischen Charakter der zur Untersuchung stehenden Zellformen gestattet aber erst das genauere Studium der Wandstruktur. Als charakteristisch für die typischen mechanischen Elemente ist schon oben nach Schwendener angegeben worden eine longitudinale oder linksläufig-spiralige Anordnung der Moleküle. Erschlossen wird diese Molekularstruktur aus der Richtung

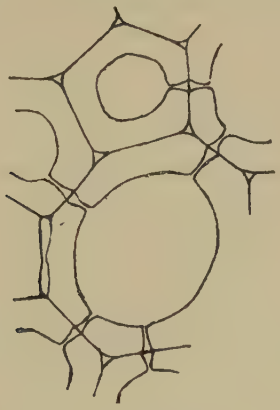
der länglichen Tüpfel und durch Untersuchungen im polarisierten Licht. Daß die Beobachtung der Tüpfelrichtung und das Polarisationsmikroskop dasselbe Resultat ergeben, hat namentlich A. Zimmermann durch systematische Untersuchungen über diesen Punkt herausgestellt.

Zimmermann (Molekular-physikalische Untersuchungen: Ueber den Zusammenhang zwischen der Richtung der Tüpfel und der optischen Elastizitätsachsen. Ber. d. D. Bot. Ges. II. 1884, S. 124 ff.) hat bei Tracheen und Tracheïden mit leiterförmiger und netzförmiger Verdickung (also mit quergestellten Poren) bei Bast- und Libriformfasern und bei Kollenchym usw. die Richtung der Tüpfel verglichen mit der aus der Beobachtung im polarisierten Licht erschlossenen Richtung der Molekularreihen und als Endergebnis seiner Untersuchungen den Satz aufgestellt: „Alle untersuchten Zellmembranen, die irgendwie gestreckte Tüpfel besitzen, zeigen eine solche optische Reaktion, als wenn sie in der Richtung, in die der größere Durchmesser derselben fällt, gedehnt wären.“ Auch bei Lilium Martagon bestätigte die eine Untersuchungsmethode das Ergebnis der andern.

Was zunächst die Bastfasern betrifft, so sind die Tüpfel in ihnen spärlich an Zahl, der Form nach enge Spalten, sehr steil, fast längsgerichtet. Dem entsprechend zeigt die Faser in der Flächenansicht einer einfachen Membran im polarisierten Licht (Den Untersuchungen im Polarisationsmikroskop liegt die Theorie zugrunde, wie ich sie hauptsächlich in: Naegeli und Schwendener: Das Mikroskop. Theorie und Anwendung desselben. Leipzig 1877. im 7. Abschnitt S. 299 ff. auseinander gesetzt fand.) bei gekreuzten Nicols und Diagonalstellung des eingeschalteten Gipsblättchens die größte Intensität der Additionsfarbe, wenn die Richtung der Faser mit der Diagonalstellung fast zusammenfällt. Die Abweichung von dieser Richtung beträgt bis höchstens 8^0.

In den Uebergangsformen sind die Tüpfel viel zahl-

reicher als in den eigentlichen Bastfasern. Neben den einfachen Spalten, die in der Profilansicht mit gleicher Spaltenweite sich bis zur Mittellamelle ziehen, kommen schon in den Bastfasern andere vor, bei denen der Spalt nach der Mittellamelle zu sich etwas erweitert; diese Form der Tüpfel, wie sie die Figur I veranschaulicht, ist aber besonders aus-



Figur I. Lilium Martagon.
Querschnitt.

gebildet in den Uebergangszellen. Die durch die trichterförmige Erweiterung des Porenkanals bedingte Vergrößerung der Schließhaut schafft eine größere Diffusionsfläche und erleichtert so die Stoffwanderung. Solche Tüpfel finden sich auch sonst vielfach; sie bilden den physiologischen Uebergang zu den Hoftüpfeln, unterscheiden sich aber schon dadurch wesentlich von diesen, daß ihnen der Torus fehlt. (Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie. 3. Leipzig 1904. S. 274.)

Das Wesentliche an diesen Tüpfeln ist der Spalt, der durch seine Richtung Aufschluß gibt über die Richtung der Molekularreihen. Interessant ist es nun, die Veränderungen zu verfolgen, welche mit diesen Tüpfeln vor sich gehen, wenn

man vom Bast nach dem Innern des Stengels zu geht. In der fünften Reihe ist der Spalt noch sehr steil aufgerichtet, ähnlich wie in den engeren Bastfasern, die Erweiterung des Tüpfelkanals an der Mitellamelle erscheint rundlich und ist noch klein, auch ganz einfache Spalten kommen vor, aber sehr wenige. In den folgenden Zellreihen sind Spalten, die keine Erweiterung zeigen, nicht mehr zu beobachten. In der sechsten und siebenten Reihe sind durchgehends spaltenförmige Tüpfel zu sehen, doch ist die Erweiterung des Porus an der Mittellamelle größer als in den Basttüpfeln, der Raum nimmt vielfach (in der Flächenansicht der Membran gesehen) ovale Form an und erscheint quer gerichtet. In der achten Reihe etwa wird besonders deutlich das allmähliche Zurücktreten des Spaltes am Tüpfel: derselbe wird kürzer, teilweise auch breiter; es deutet dies darauf hin, daß die Zugfestigkeit der Fibrillen in ihrer Längsrichtung den seitlichen Zusammenhalt der einzelnen Fibrillen unter einander nicht mehr so stark überwiegt, wie bei den Fasern mit engen Spalten. In derselben Zellreihe treten die ersten einfach elliptischen Tüpfel auf, die keine Spur von einem Spalt mehr erkennen lassen; die Ovale sind schief gestellt. Von der neunten Reihe an sind nur mehr ovale und runde Poren zu beobachten. Soviel über die Form der Tüpfel. Was die Richtung der Spalten und Ovale angeht, so läßt sich die sie bedingende Molekularstruktur genauer, wenn auch mühsamer, ermitteln im polarisierten Licht. Hier ergeben sich als Werte für die Abweichung der Molekularreihen von der Längsrichtung der Zellen folgende: Für die fünf ersten Reihen, die Bastfasern, ist die Winkelgröße dieser Abweichung oben schon angegeben als höchstens 8° betragend; in der 6. bis 8. Reihe wurden 8 bis 18° gemessen, in der 9. und 10. Reihe 11 bis 25°, in der 11. und 12. Reihe 18 bis 30°, in der 13. und 14. Reihe bis 50°, in den folgenden typischen Markzellen über 60 bis etwa 75°. Dabei wiederhole ich, daß die elliptischen Tüpfel ihren größeren Durch-

messer immer in der Richtung hatten (und zwar linksschief), in der nach dem Befund im polarisierten Licht die Molekularreihen verliefen. Aus den angeführten Zahlen erhellt deutlich, daß die Spiralen, die den Verlauf der Molekularreihen bezeichnen, vom Bast aus nach der Mitte des Stengels zu immer weniger steil werden und immer mehr der Richtung von quer verlaufenden Kreislinien sich nähern. An und für sich betrachtet, könnte man die Struktur der Zellen bis etwa zur 12. Reihe als Bastfaserstruktur bezeichnen; nach Schwendener zeigen ja sogar typische Stereïden Winkeldifferenzen bis 45°. Sonach hätten wir in den Uebergangszellen der äußeren Form nach langgestreckte parenchymatische Elemente mit der Struktur der mechanischen Elemente, wenigstens in den zunächst auf die Fasern folgenden Zellreihen. Freilich erscheint diese Struktur, zum Teil um ein Beträchtliches, weniger geeignet für eine Inanspruchnahme auf Zug und Druck, als in den typischen Skelettzellen derselben Pflanze.

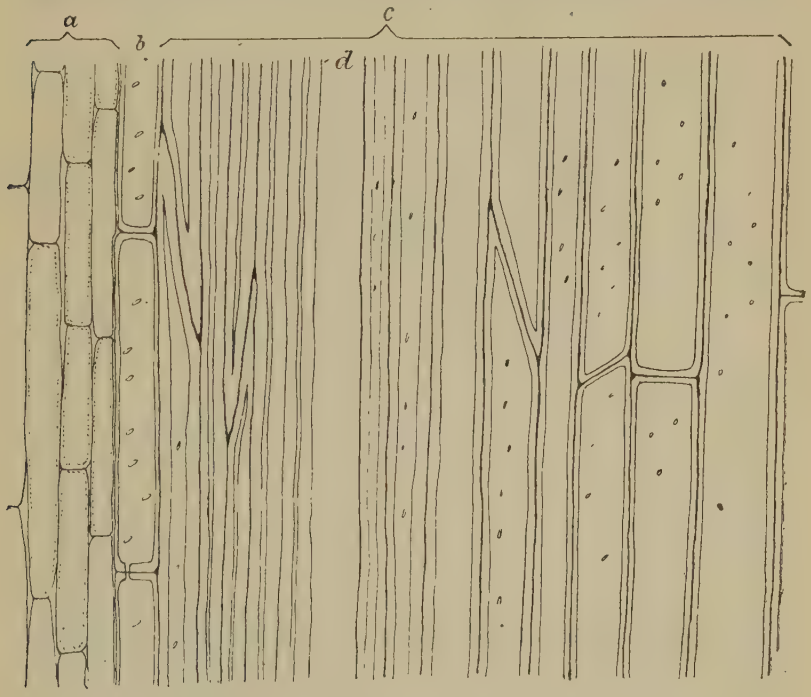
Schon der Querschnitt zeigt im Polarisationsmikroskop einen gewissen Uebergang vom Bast nach dem Marke. Auf dünnen Querschnitten hebt sich im Bast die Mittellamelle sehr scharf von den Verdickungsschichten ab. Die Mittellamelle zeigt im Umkreis einer Zelle abwechselnd Additionsfarbe, (wo die Richtung des Kreisbogens mit der Richtung der wirksamen Ellipse des Gipsblättchens zusammenfällt), Subtraktionsfarbe (an den hierauf senkrecht stehenden Stellen des Kreisbogens); zwischen Additions- und Subtraktionsfarbe ist immer ein Streifen eingeschaltet, der die Farbe des Gipsblättchens zeigt, nämlich an den Stellen, an denen der Kreisbogen der Polarisationsebene eines der beiden Nicols parallel verläuft. Die aufgelagerten Verdickungsschichten aber zeigen im ganzen Umkreis eine Farbe, und zwar die Farbe des Gipsblättchens. Wenn man dabei erwägt, daß die größte Achse des Elastizitätsellipsoïds bei diesen Fasern fast senkrecht zur Querschnittsebene steht, so sieht man leicht ein,

daß die beiden andern Achsen, die radiale und die tangential-horizontale, in der Größe sehr wenig verschieden sein können, da schon nach ganz geringfügiger Drehung des Ellipsoïds um die radiale Achse ein Kreisschnitt optisch wirksam ist. Im Markgewebe hebt sich die Mittellamelle von der aufgelagerten Membran in der Farbe nicht ab, ebenso wenig in der Rinde: der ganze Querschnitt der Membran erscheint homogen in der Farbe. In den Uebergangsformen dagegen ist die Mittellamelle optisch noch sehr deutlich ausgeprägt, aber hier erscheinen auch in der aufgelagerten Membran dieselben Farben im Umkreis auf einander folgend, zunächst dem Bast nur als Nuancierung der Farbe des Gipsblättchens nach oben oder nach unten, wobei dessen Farbe noch dominiert, dann stärker werdend, bis die nächstfolgende ausgesprochene Stufe in der Newtonschen Farbenskala als Additions- bezw. Subtraktionsfarbe erreicht ist. Man kann also, nachdem man die optischen Erscheinungen am Längsschnitt studiert hat, auch schon am Querschnitt die Aenderung in der Struktur verfolgen. Man kann beobachten, wie in den Zwischenformen das Elastizitätsellipsoïd, indem man vom Bast nach dem Marke zu geht, eine Drehung um seine radiale Achse ausführt. Die größte Achse, die im Bast genau oder fast die gleiche Richtung mit den einfallenden Lichtstrahlen hat, wird hierbei zunächst schief gestellt und kommt schließlich in den peripherischen verdickten Markzellen annähernd in die optisch wirksame Elastizitätsellipse zu liegen. Der optisch wirksame Durchschnitt durch das Elastizitätsellipsoïd trifft demnach sowohl im Bast als im Mark jedesmal 2 Achsen (wobei ich die oben angegebenen Winkeldifferenzen, bis etwas über 10^0, vernachlässige): in den Bastfasern die zwei kürzeren, in den Markzellen eine kürzere und die größte, in den Zwischenformen liegt nur eine der Achsen, die radiale, im Durchschnitt, zwischen den beiden andern Achsen geht der Schnitt hindurch.

Aus der Familie der Juncaginaceen wurden Triglochin

maritimum und Tr. palustre untersucht. Es lassen sich hier bezüglich unserer Frage ähnliche Verhältnisse wie bei Lilium Martagon erwarten. C. Raunkiaer (De Danske Blomsterplanters Naturhistorie, Foerst Bind: Enkimbladede. Kjobenhavn 1895—99, S. 29) spricht von einem breiten Ring mechanischen Gewebes, dessen innerster Teil ziemlich allmählich in's Mark übergeht..

Hill (The Structure and Development of Triglochin maritimum. in: Annals of Botany XIII, [1900]) gibt auf Tafel VI., Figur 6 einen Querschnitt durch ein Bündel, an dem der allmähliche Uebergang vom Bast zum Markgewebe deutlich

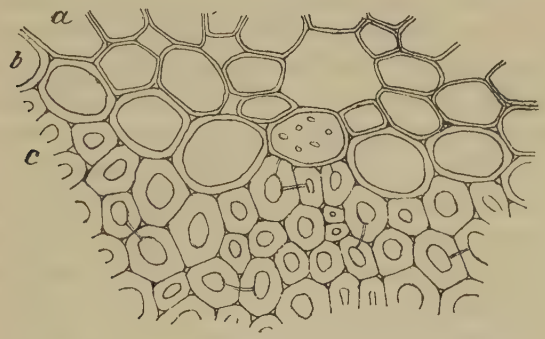


Figur II. Triglochin maritimum.
Radialer Längsschnitt: a) Rinde, b) Endodermis, c) Bast mit Uebergängen nach dem Markgewebe, d) Interzellulargang.

wird: der Durchmesser der Zellen wird größer, die Verdickung schwächer. Viel klarer werden die Verhältnisse am radialen Längsschnitt, wie ihn Figur II. darstellt: die prosenchymatische Form geht allmählich in die parenchymatische über, die Zellen werden kürzer; auch die Aenderung der Wandstruktur fällt leicht in die Augen, leichter, als dies bei Lilium wegen der komplizierteren Tüpfel der Fall war. Hier wie dort sind die Tüpfel im Bast spärlich, in den Uebergangsformen zahlreicher; aber während bei Lilium der Uebergang der typischen Basttüpfel in die einfachen runden Tüpfel des Parenchyms sich in der Weise vollzog, daß sowohl die in den echten Stereïden noch geringfügige Erweiterung des Spaltes an der Mittellamelle größer wurde und weiter nach dem Zellinnern zu sich ausdehnte, als auch der anfangs enge und lange Spalt kürzer und breiter wurde bis zur vollkommen elliptischen Form, und zugleich die Richtung des Tüpfels allmählich aus der vertikalen in die horizontale Richtung überging, ist bei Triglochin maritimum der Uebergang einfacher: Von der Erweiterung des Spaltes an der Mittellamelle ist hier nichts zu bemerken. Die Tüpfel sind in den Bastfasern einfache, ziemlich steil aufgerichtete Spalten, die mit der Längsrichtung der Zelle einen Winkel von 10—12° bilden; dieser Winkel wird nach dem Marke zu allmählich größer, bis er ungefähr den Betrag von einem Rechten erreicht. Gleichzeitig mit dieser Richtungsänderung geht auch eine Formveränderung der Poren vor sich: die Spalten werden zu Ovalen, die in den Markzellen auch größer sind als im Zwischengewebe.

Bei Triglochin zeigt sich auch eine Art von Zwischenform vom Bast nach der Rinde: der ganze Stereomring ist von der Rinde getrennt durch eine kontinuierliche, einfache Ringlage von Zellen, die schon auf dem Querschnitt als Zwischenglieder zu erkennen sind; am meisten fallen sie aber auf dem Längsschnitt in die Augen durch die in ziemlich regelmäßigen Abständen auftretenden stark verdickten

Querwände. Diese Zellen sind verholzt wie die Bastfasern, während die Rindenzellwände aus reiner Zellulose bestehen, sie sind aber alle parenchymatisch wie die Rindenzellen; in der Wandverdickung halten sie etwa die Mitte zwischen Rinden- und Bastzellen, in den Tüpfeln wiederum ähneln sie den mechanischen Elementen: es sind einfache, schmal-elliptische Poren, die eher wie Spalten aussehen und mit der Longitudinale einen Winkel von ca. 50° bilden. Verkorkung der Wände habe ich nicht konstatieren können. Auf dem von Hill gezeichneten Querschnitt ist diese Zellreihe nicht deutlich, weshalb ich die dort gegebene Zeichnung nach dieser Seite hin ergänze in Fig. III. Die Länge der Zellen



Figur III. Triglochin maritimum.
Querschnitt: a) Rinde, b) Endodermis, c) Bast.

beträgt zwischen 0,112 und 0,214 mm. Alles Uebrige ist aus dem Längsschnitt ersichtlich.

Einige Stichproben mit dem Polarisationsmikroskop bestätigten wiederum das aus den Tüpfeln über die Richtung der Molekularreihen Erschlossene. Es zeigte sich dabei noch besonders deutlich, daß die Zwischenglieder zahlreich sind, der Uebergang also ganz allmählich vor sich geht. An dem in Fig. II. teilweise gezeichneten Längsschnitt war noch in der 16. Zellreihe (13 sind in der Zeichnung) eine Winkel-

differenz von 40° zwischen dem Verlauf der Molekularreihen und der Längsrichtung zu beobachten, und erst einige Reihen weiter nach innen war die Querstellung der Tüpfel erreicht. Doch gilt dies nicht in gleichem Maße für den ganzen Umfang des Ringes.

Auf Triglochin palustre brauche ich nicht näher einzugehen, da hier die Verhältnisse ganz dieselben sind, abgesehen von der absoluten Größe der Zellen.

Hiernach genügen einige Worte, um auch noch bei den andern oben S. 6. aufgezählten Familien die Uebergangsformen kurz zu schildern, da die Verhältnisse im wesentlichen überall die gleichen sind. Bei Laelia anceps aus der Familie der Orchidaceen ist der Stereïdenring 4—5 Zellagen stark. Die Tüpfel in den Elementen des Ringes sind steil aufgerichtete, enge Spalten, die von der Längsrichtung um 10° und weniger abweichen. Die Fasern sind von sehr verschiedener Lumenweite, 0,007 bis 0,025 mm im Durchmesser; die weitesten liegen an der Innenseite. Diese setzen sich nach dem Marke zu fort in mehrere Zellreihen von mehr parenchymatischer Natur; die Tüpfel sind in der Hauptsache Ellipsen, die unter Winkeln von 30—50° zur Longitudinale schief gestellt sind. Das Mark besitzt quergestellte, elliptische Tüpfel.

Aus der Familie der Philydraceen habe ich Philydrum lanuginosum untersucht. Der Stengel besitzt ebenfalls einen mechanischen Ring, dessen vier bis fünf äußere Zellagen prosenchymatisch und mit spaltenförmigen Tüpfeln versehen sind; die Spalten bilden mit der Längsrichtung Winkel von 20—30°. Die innerste dieser Fasern ist meistens nicht mehr lang zugespitzt, auch breiter als die übrigen, aber erst die hierauf folgende ist ihrer Form nach parenchymatisch, doppelt bis etwa viermal so weit wie die engen Fasern, mit teils schmal-elliptischen, teils spaltenförmigen Tüpfeln versehen; in beiden Fällen ist der Neigungswinkel des Tüpfels zur Longitudinale 50° und mehr. In den beiden folgenden

Reihen gehen die schmal-elliptischen spaltenähnlichen Tüpfel in breit-elliptische über; ihre große Achse nähert sich mehr und mehr der Querrichtung, von der sie nur noch um 10—20° abweicht. Die Bastfasern haben teilweise eine beträchtliche Länge: bis 3,5 mm lange wurden gemessen. In den drei Reihen von Uebergangsformen sind die Zellen noch 0,4 bis 0,6 mm lang.

Auch die Dioscoreaceen besitzen alle einen mechanischen Ring, der bei den einzelnen Arten von sehr verschiedener Mächtigkeit und Qualität ist: von 2—3 Zellagen bei Dioscorea villosa bis zu 10 bei Testudinaria elephantipes und anderen (vergl. hierzu Charles Queva: Recherches sur l'anatomie de l'appareil végétatif des Taccacées et des Dioscorées in: Mémoires de la société des sciences de l'agriculture et des arts de Lille. Lille 1894). Eine genauere anatomische Beschreibung des Stereïdenringes bei Tamus communis und seinen Verwandten gibt Emil Bucherer (Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Dioscoreaceen. Bibliotheca botanica. Heft 16. Cassel 1889) in folgendem: „Die Stereïden kommen in zwei Formen vor: am Umfang des Zentralzylinders sind dieselben lang gestreckt, porös, an beiden Enden zugespitzt und durch starke Verdickung eng geworden; in der Nähe der Gefäßbündel aber werden sie weiter, dünnwandiger und stehen mit horizontalen Scheidewänden übereinander, wodurch sie den Uebergang zu den andern Zellen des Grundparenchyms bilden." Dazu gibt er auf Tafel IV. Figur 1 einen radialen Längschnitt durch ein kleines Gefäßbündel von Tamus communis, der das Gesagte illustriert.

Bei Dioscorea macrura finde ich den Stereïdenring breit, die Zellwände aber nicht stark verdickt. 9—10, stellenweise bis 13 Zellreihen auf dem radialen Längsschnitt besitzen kleine, spaltenförmige, schiefe Tüpfel; in der innersten von diesen Reihen sind freilich die echten Spalten seltener, häufiger ebenfalls schief gestellte elliptische Poren, worauf

dann eine Reihe von Zellen mit quergestellten Ovalen folgt. Von diesen Reihen besitzen aber nur die drei bis vier äußersten schiefe Wände, und auch diese sind meistens nicht lang zugespitzt, wie man das sonst am Bast der Monocotylen beobachten kann, sondern vielfach blos etwas zugeschärft. Bis 2 mm lange Elemente habe ich unter ihnen gemessen. Bei allen übrigen nach innen liegenden Zellen des Ringes sind nur Querwände zu sehen. Die Mazeration mit dem Schultzeschen Gemisch bestätigt, daß es sich hier in der Tat um Zellen handelt, die der äußeren Form nach parenchymatisch sind, nicht etwa um gefächerte Fasern. Die Länge dieser Elemente beträgt 0,84 mm und weniger. Die an den mechanischen Ring sich anschließenden Markzellen zeigen eine noch weitere Abnahme der Länge: von 0,35 bis herab zu 0,18 mm. Wir haben demnach bei Dioscorea in dem der Festigung des Stengels dienenden Hohlzylinder von mechanischen Elementen zum geringeren Teil typische Skelettzellen, größerenteils sind es Parenchymzellen mit der Struktur der Bastfasern: Uebergangsformen.

2. Einige dicotyle Pflanzen.

Im mechanischen System der Dicotylen vermitteln den Anschluß an die Monocotylen eine ansehnliche Zahl von Repräsentanten, deren Stammorgane mit Bastring versehen sind. Hierher gehören unter andern Geranium, Pelargonium, Aristolochia. „Die Mestomstränge lehnen sich bald von innen an den Bastring an, bald liegen sie isoliert im Mark. Im ersteren Fall bildet der Bastring zuweilen Vorsprünge nach innen, welche sich an das Cambiform des Mestomstranges anlegen, oder dasselbe vollständig umschließen, zuweilen sogar in dasselbe eindringen (Geranium pyrenaicum)“ (Schwendener: Das mechanische Prinzip. S. 143). Ich habe Geranium sibiricum untersucht, um zu sehen, ob auch bei

den bezüglich des mechanischen Systems den Monocotylen so nahe stehenden Dicotylen sich die Uebergangsformen zwischen Bast und Parenchym vorfinden. Jännicke, der eine ganze Anzahl von Geraniaceen untersucht hat (Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Geraniaceae in: Abhandlungen herausgegeben von der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft. Band XIV. Heft 3. Frankfurt/Main 1886), schreibt, daß der Bast nach innen zwischen den Leitbündeln in Sklerenchym, d. h. in verholztes Grundgewebe übergeht, und dieses gleichmäßig in das Mark. Der Uebergang ist nach ihm deutlich bei den Arten mit breitem Bastring, dagegen sehr rasch und überhaupt kaum wahrzunehmen bei Arten mit schmalem Bastring. Bastring + Sklerenchymring bilden den Festigungsring. Bei Geranium sibiricum bildet nach meinen Beobachtungen der Stereïdenring an den Stellen, wo sich ein Gefäßbündel in geringer Entfernung anlehnt, Ausstülpungen nach innen, die als Bastleisten den Mestomstrang begleiten. Schwendener und Jännicke haben dies auch für andere Arten konstatiert. Der Ring besteht aus ganz normalen Stereïden, prosenchymatischen Elementen mit spaltenförmigen Tüpfeln, die unter Winkeln von 20—30° zur Longitudinale linksschief gestellt sind. Unter ihnen habe ich 1,36 bis 2 mm lange Fasern gemessen. Drei bis vier Ringlagen dieser Fasern bilden durchgehends den der Festigung des Stengels dienenden Hohlzylinder, der nur an den oben erwähnten Leisten bis acht Zellagen stark wird. An diese echten Bastfasern schließen sich nach innen parenchymatische Elemente von 0,28 bis 0,6 mm Länge, eine bis zwei Lagen stark, an, die nach Wandverdickung, Länge und besonders Wandstruktur ebenfalls Uebergangsglieder zum Mark darstellen. Sie bilden an der Innenseite des Stereoms nicht einen kontinuierlichen Ring; an wenigen Stellen folgen auf kurze Strecken auf die Bastfasern sofort kurze, tüpfellose Markzellen; jedenfalls aber überziehen sie auch die vorspringenden Bastleisten. Die Zellen sind von

verschiedener Lumenweite: so eng wie die Fasern bis zur Weite der Markzellen, 0,02 bis 0,05 mm. Auch die Tüpfelung dieser Elemente ist verschieden: es finden sich unter ihnen noch solche mit echten Spalten, die aber neben den Spalten auch schmal elliptische Poren besitzen. Die so getüpfelten Zellen zeigen im polarisierten Licht in Uebereinstimmung mit der Richtung ihrer Tüpfel einen Verlauf der Molekularreihen, der von der Längsrichtung um 30—45° abweicht. Andere Zellen haben breit-elliptische Tüpfel, die unter Winkeln von 50—80° zur Longitudinale, d. h. schief bis fast quer gestellt sind. Auch bei Behandlung der Schnitte mit Jod und Schwefelsäure waren die Uebergangsformen leicht zu unterscheiden; in den Geweben traten drei verschiedene Färbungen auf: tiefblau im Rinden- und Markparenchym, rotbraun im Bast, gelb mit bläulichem Anflug in den Zwischenformen. Wir haben hiernach bei Geranium sibiricum nicht in radialer Richtung auf eine größere Strecke ganz allmähliche Uebergänge von der Bastfaserstruktur zur Parenchymstruktur, sondern nur an der innern Seite des Stereomringes eine einfache oder doppelte, aber nicht einmal ganz geschlossene Ringlage von Zellen, die wohl alle der äußeren Form nach parenchymatisch sind, in der Wandstruktur aber ohne eine bestimmt erkennbare Ordnung alle Uebergänge von der Struktur der Fasern bis zu derjenigen der anschließenden Parenchymzellen aufweisen.

In allen bisher besprochenen Fällen war zu konstatieren, daß die mechanisch wirksamsten Stellen in dem der Festigung des Stengels dienenden Hohlzylinder, die äußersten Lagen, die gewissermaßen die exponierten Posten im Kampfe gegen die biegenden Kräfte sind, von echten Stereïden eingenommen werden. Weiter nach innen, wo der Hohlzylinder zu verstärken, d. h. zunächst in seiner eigentlichen Aufgabe, für die Biegungsfestigkeit des Stengels zu sorgen, zu unterstützen, dann aber auch durch Aussteifung gegen das Einknicken zu schützen ist, haben wir Zwischenformen. Bei

diesen sind die spezifisch mechanischen Charaktere, die aus der genauen Anatomie der typischen Skelettzellen gewonnen sind, nicht mehr so scharf ausgeprägt; sie treten mehr und mehr zurück und zwar um so mehr, je weiter die Zellen vom Bast und damit von den Hauptangriffspunkten der biegenden Kräfte entfernt sind. Hand in Hand geht damit eine Annäherung an das mechanisch wirksame Parenchym im peripherischen Mark, das in den untersuchten Fällen durch seine Querstruktur darauf hinweist, daß es mehr gegen seitlich wirkende Kräfte Widerstand zu leisten hat.

3. Einige besondere Vorkommnisse.

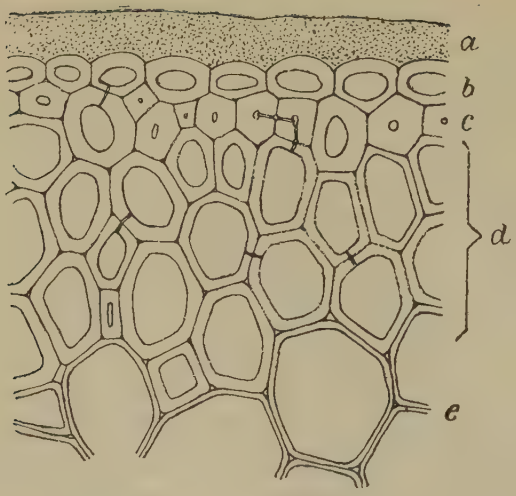
Ganz im Einklang mit dem oben ausgesprochenen Gedanken, daß vollwertige Skelettzellen vor allem da zur Verwendung kommen, wo den stärksten biegenden Kräften (die für die Festigungsgewebe sich in longitudinal wirkende Druck- bezw. Zugkräfte umsetzen) entsprechende Widerstandskräfte entgegenzustellen sind, während an andern Stellen die Pflanze Material von geringerer Qualität verwendet, steht auch der Befund bei Tradescantia virginica. Man muß dabei beachten, daß diese Pflanze einen drei bis vier Zellagen starken subepidermalen Kollenchymring besitzt, der als äußerer Hohlzylinder am meisten die Biegungsfestigkeit des Stengels bedingt. Der an normaler Stelle auftretende mechanische Ring hat demnach den Kollenchymring in seiner Funktion zu unterstützen; er wird erst in zweiter Linie in Anspruch genommen, braucht also auch nicht aus erstklassigem Material zu bestehen. Dieses mechanische Gewebe von Tradescantia ist schon öfters beschrieben worden, u. a. von A. Gravis: Recherches anatomiques et physiologiques sur le Tradescantia virginica (in: Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'académie de Belgique. Bruxelles. 1898—99). Er beschreibt den Ring

als zusammengesetzt aus 1—3 Reihen sehr langer und enger Zellen, die verdickt und mit wenig schiefen Querwänden versehen sind; die Tüpfel sind schiefe, gekreuzte Spalten. Dazu gibt der Verfasser auf Tafel XIV, Fig. 160 einen Querschnitt, der auch die Uebergänge zum Mark erkennen läßt. Eberhard Carl (Beiträge zur Anatomie und Entwicklung der Commelinaceen. Hannover 1900 nach dem Referat im Botan. Centralbl., Bd.87, [1901], S. 16 ff.) fand bei den von ihm untersuchten Arten, daß die Zellen des Stereomringes (bei Tr. navicularis fehlt der Ring) auf dem Längsschnitt gestreckt parenchymatisch sind. Ebenso H. Caro (Beiträge zur Anatomie der Commelinaceen. Berlin 1903).

In Uebereinstimmung mit diesen Angaben fand ich bei Tradescantia virginica die Zellen des mechanischen Ringes lang gestreckt: gemessen habe ich Zellen von einem bis nahezu zwei Millimeter Länge. Die Querwände stehen entweder horizontal oder nur wenig schief. Ich fand nichts, was dafür spräche, daß es sich bei diesen horizontalen Scheidewänden nur um nachträgliche Fächerwände sehr langer, echter Fasern handelte. Die einzelnen Zellen sind von verschiedener Weite: 20 bis über 40 Mikromillimeter. In den engeren Elementen sind die Spalten fast längs gerichtet, in den weitlumigeren schief gestellt unter einem Winkel zur Längsrichtung, der bis etwa 30^0 anwächst. Wir haben hier also einen mechanischen Ring, dessen Zellen sich von den sonst bei Monocotylen und Dicotylen vorkommenden Elementen des Ringes durch den Mangel der prosenchymatischen Zuspitzung unterscheiden, in der Wandstruktur und Länge aber durchaus ähnliche Verhältnisse aufweisen, sodaß sie mit Fug zu den Uebergangsformen gestellt werden können.

Ganz ähnliche Elemente, Uebergangsformen, bilden im oberirdischen Stengel von Cattleya guttata aus der Familie der Orchidaceen einen mehrere Lagen breiten Ring unter der Epidermis. Die Epidermiszellen selbst sind schon stark

verdickt, namentlich aber ist ihnen eine außerordentlich stark entwickelte Cuticula aufgelagert, die etwa 17 Mikromillimeter dick ist. Die erste Zellage unter der Epidermis besteht aus Elementen, deren Wände so stark verdickt sind, daß nur mehr ein ganz geringes Lumen übrig bleibt. Zum Teil sind sie etwas zugespitzt, andere Querwände stehen horizontal. Ihre Länge ist eine relativ beträchtliche, bis 0,38 mm, während die Epidermiszellen höchstens 0,067 mm in der Länge haben. Wegen des außerordentlich schmalen Lumens ist es sehr schwer, eine gute Flächenansicht eines Tüpfels zu bekommen. An einem konnte festgestellt werden, daß er spaltenähnlich war und mit der Longitudinale einen Winkel von etwa 50° bildete. Klarer werden die anatomischen Verhältnisse in den folgenden Zellagen. In den beiden zunächst folgenden sind die Zellen lang gestreckt; 0,7 bis 0,9 mm wurden durch Messung ermittelt. Die Querwände sind teils schief bis zu 30° Neigung zur Längsrichtung, teils horizontal gestellt: es ist demnach kein typisches Prosenchym. Die Tüpfel sind meistens schmal-elliptische, spaltenähnliche, wenige runde Poren. In den beiden folgenden Reihen werden die Tüpfel breit-elliptisch und haben ebenso wie die schmal-elliptischen der vorhergehenden Reihen eine bestimmte Richtung, die hier wie dort einen Winkel von 45—50° mit der Längsrichtung bildet. In einigen Zellen waren auch hier die Poren spaltenförmig und unter kleinerem Winkel schief gestellt. Die Zellen sind parenchymatisch, 0,25 bis 0,5 mm lang. Weiter nach innen nimmt die Länge der Zellen noch etwas ab, aber selbst in der dünnwandigen Rinde sind sie noch bis 0,35 mm lang. Die Tüpfel darin sind quergestellte Ovale und runde. Wie sich die Zellen auf dem Querschnitt mit ihrer Wandverdickung und Lumenweite darstellen, ist aus der Figur IV ersichtlich. Einige Zahlen sollen dies noch weiter veranschaulichen: Cuticula samt der äußeren Epidermiswand hatte etwas über 20 μ Dicke, die Zellwand der zweiten Reihe + innere Epidermiswand 9,6 μ, die Wand



Figur IV. Cattleya guttata.
Querschnitt: a) Cuticula, b) Epidermis, c) Fasern, d) Zwischenformen, e) Rinde.

zwischen der vierten und fünften Reihe 6,5 μ, zwischen der fünften und sechsten 4,5 μ, zwischen der zehnten und elften Reihe etwas über 2 μ. Das Lumen nimmt gleichzeitig nach innen zu bis 60 μ. P. Krüger (Die oberirdischen Vegetationsorgane der Orchideen in ihren Beziehungen zu Klima und Standort. Flora 1883, Nr. 28 ff.) schreibt bei Cattleya crispa und C. superba von einem an die Epidermis sich anschließenden, mehrere Schichten starken Bastring. Bei der hier untersuchten Art haben wir es aber jedenfalls nicht mit einem Ring typischer Bastfasern zu tun, sondern mit Zwischenformen, die freilich zunächst der Epidermis noch am meisten den echten Stereïden ähneln, weiter nach innen aber mehr und mehr sich dem Parenchym nähern. Dieser Hohlzylinder hat wohl zunächst die Aufgabe, die Oberhaut zum bessern Schutz der innern Gewebe zu verstärken; er bildet jedoch in Verbindung mit der so starken Cuticula und Epidermis

auch ein nicht zu verachtendes Hautskelett zur Erhöhung der Biegungsfestigkeit des Pflanzenstengels.

Nach mehreren Autoren wären hier auch die mechanischen Zellen in der Rinde von Aristolochia anzuführen. So sagt J. Möller (Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. S. 124 f.) von Ar. Sipho im besondern: „In der primären Rinde liegt ein anfangs geschlossener Sklerenchymring mit scharfer Abgrenzung nach außen, nach innen allmählich ins dünnwandige Parenchym übergehend. Der Sklerenchymring hat ungefähr die Breite von 0,25 mm und besteht aus axil gestreckten, im Mittel 0,03 mm breiten, am Querschnitt polygonalen, lückenlos verbundenen Parenchymzellen.“ A. Tschirch (Beiträge zur Kenntnis des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen, in Pringsheims Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik. XVI. Band. 1885, S. 303—335) sagt von derselben Art: „Die starken, in longitudinaler Richtung zu Strängen verbundenen Sklereïden, die in der Rinde dieser Pflanze einen mächtigen, später freilich gespaltenen Ring bilden, sind nicht mit spitzen Enden ineinander gefügt, sondern besitzen horizontale Wände.“ Und H. C. Schellenberg (Zur Entwicklung des Stammes von Aristolochia Sipho. in: Festschrift für Schwendener. Berlin 1899, S. 301—320) nennt den mechanischen Ring „Stabzellenring“: „Diese mechanischen Zellen in der Rinde unserer Pflanze sind keine echten Bastfasern; denn sie sind an den Enden nicht zugespitzt, sondern stoßen mit quer gestellten Endflächen aneinander.“ Aber Solereder (Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Aristolochiaceen. in: Englers Botanische Jahrbücher etc. X. Band, S. 476) hatte Möller gegenüber bemerkt: „Was Möller Parenchym nennt, ist als gefächertes Prosenchym, als gefächerte Bastfasern zu bezeichnen. Die Scheidewände, welche die Fächerung bedingen, sind hier nur etwas dicker als für gewöhnlich bei gefächertem Prosenchym vorkommt. Es lassen sich ferner diese gefächerten Prosenchymzellen auf dem Wege der Mazeration nicht in

Teilzellen zerlegen.“ Diesen Ausführungen kann ich nur beistimmen nach meinen Untersuchungen an eigenen Präparaten sowohl, als auch an einer Schnittserie, die mir Herr Dr. P. Claußen, Privatdozent an der hiesigen Universität, freundlichst zur Verfügung stellte. An einem radialen Längsschnitt durch ein ziemlich junges Internodium, in dem aber schon eine Anzahl von engen und weiten Tüpfelgefäßen gebildet war, konnte man in den Fasern noch keine Querwand erkennen. In der vierten Reihe (von außen nach innen) wurde eine Faser gemessen, die über 1 mm lang war, in der sechsten Reihe eine solche von 0,9 mm Länge. Erst einige Zellagen weiter traten Querwände auf. Im folgenden Internodium waren die ersten Fächerwände in den Bastfasern zu sehen, noch spärlich an Zahl, die als später eingeschobene zu erkennen waren: sie waren viel dünner als die Längswände der Zellen, außerdem setzten sie nicht an der Mittellamelle, sondern an einer Verdickungslamelle der Längswand an. Dies war auch später noch vielfach mit großer Deutlichkeit zu sehen. Beim Mazerieren endlich mit dem Schultzeschen Gemisch wurde eine Faser von nahezu 3 mm Länge isoliert, die schon in ca. 0,38 mm Entfernung vom Ende sich zu verjüngen begann und spitz auslief. Wahr ist freilich, daß im ausgebildeten Zustande der Bastfasern die zahlreichen, für Fächerwände ungewöhnlich dicken Querwände das Längsschnittbild leicht fälschen, und daß man oft ziemlich lange suchen kann, ehe man ein klares Bild einer schiefen Wand zu Gesicht bekommt. Unsere Figur V. gibt eine solche Stelle wieder. Sonach besteht der Stereomring bei Aristolochia Sipho nicht aus Uebergangsformen, sondern aus echten Bastfasern.

Jedoch sind auch hier zwischen Bast und Markparenchym schöne Uebergänge ausgebildet, die im folgenden kurz nach dem Befund bei Aristolochia Clematitis beschrieben werden sollen. Die Bastfasern sind auch bei dieser Art von beträchtlicher Länge, ihre Tüpfel lange, typische Spalten,

Figur V. Aristolochia Sipho.
Gefächerte Bastfasern im Längsschnitt.

die in den ersten Reihen (von außen gerechnet) unter Winkeln von 15—25 ^{0} schief gestellt sind; in der 5. und 6. Reihe habe ich eine Winkeldifferenz von etwa 35 ^{0} gemessen; in den folgenden Reihen sind die Spalten kürzer und erweitern sich zu schmalen Ovalen, die sich wieder mehr der Querrichtung nähern, in den beiden zunächst folgenden wächst der Winkel auf 50 ^{0} an. Weiter nach innen werden die Ovale breiter, auch runde Tüpfel treten neben ihnen auf; die Ovale sind schließlich in der innersten mit Wandverdickung und Tüpfeln versehenen Zellreihe fast alle quergestellt; diese Zellen messen in der Länge 0,27 bis 0,43 mm. Ungefähr von der sechsten Reihe an kommen schon Querwände vor. Mit dem Uebergang in die parenchymatische Form ist gleichzeitig eine Zunahme der Lumenweite und eine Abnahme der Wanddicke verbunden, was auch Solereder in der oben zitierten Arbeit für dieselbe Art konstatiert.

Zweiter Teil:

Zwischenformen im sekundären Holzkörper.

Bisher wurden primäre Bildungen besprochen, Uebergangsformen, die nach keiner der beiden Seiten, zwischen denen sie den Uebergang vermitteln, scharf abgegrenzt sind, deren anatomischer Charakter vielmehr gerade dadurch bedingt ist, daß sie zwischen zwei extrem sich gegenüber stehenden Gewebeformen, dem typischen Bast und dem typischen Parenchym, lokal allmähliche Uebergänge darstellen und so auch anatomisch eine Mischung der die beiden Extreme charakterisierenden Eigenschaften in sich vereinigen; und zwar dies in wechselnder Zusammensetzung: je näher die Zellen lokal dem Baste stehen, desto geringer sind die Unterschiede, die sie anatomisch von den Fasern scheiden, je näher sie zum Parenchym kommen, desto geringfügiger werden die Differenzen, die uns berechtigen, sie noch als Zwischenformen dem Markparenchym gegenüber zu stellen.

Nunmehr sollen sekundäre Bildungen besprochen werden, die eine mehr selbständige Stellung im Gewebekomplex des Stengels einnehmen, schon deshalb, weil ganz bestimmte Stellen ihnen reserviert sind; es sind dies im sekundären Holzkörper mancher Dicotylen die Gewebemassen, die zwischen den Leitbündeln sich ausbreiten. De Bary (Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig. 1877) bespricht die in Rede stehenden Gewebe als Markstrahlen, die einen Ausnahmefall von dem gewöhnlichen parenchymatischen Bau der

Markstrahlen, und zwar bei schwach holzbildenden Pflanzen darstellten: bei manchen dieser Gewächse beständen die Markstrahlen nicht aus Parenchym, sondern aus gestreckten sklerotischen Faserzellen. Zunächst seien sie beobachtet in den ausdauernden Stämmen der suffruteszenten Begonien, bei manchen krautigen Umbelliferen.

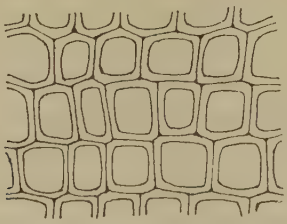
Einen besonders interessanten Gegenstand der Untersuchung scheint in bezug auf dieses Zwischengewebe die Familie der Labiaten zu bilden, schon wegen der Mannigfaltigkeit in der Ausbildung dieser Gewebe. Letztere erhellt aus den anatomischen Bemerkungen, die sich in der Literatur über diese Familie finden. So nimmt Costantin (Etudes comparées des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones in: Annales des sciences naturelles. VI. série, tome XVI. 1883. p. 1 sqq.) aus der Familie der Labiaten als typisches Beispiel Teucrium Scorodonia und sagt darüber u. a.: Die mächtigen Leitbündel in den Kanten des Holzzylinders sind unter einander verbunden durch dicke Bänder von Holzparenchym (p. 113, 123). A. Born (Vergleichende systematische Anatomie des Stengels der Labiaten und Scrophulariaceen. Berlin 1886. S. 26) fand bei Horminum pyrenaïcum 20 bis 22 kleine und größere Bündel scharf abgegrenzt durch Libriformgewebe (primäre Markverbindungen). Auch Briquet (Monographie du genre Galéopsis. Mémoires couronnés . . . publiés par l'académie de Belgique. Bruxelles 1893) schreibt, daß die Bündel der Interfaszikularbogen bei Gal. Tetrahit verbunden seien durch starke Streifen von Libriform. Herbst sagt in Beiträge zur Kenntnis der Markstrahlen dikotyler Kräuter und Stauden (Botanisches Zentralblatt 1894. I. S. 401 ff.), daß bei einer Anzahl von Labiaten die Gefäßbündel durch ein sehr breites Zwischengewebe getrennt sind, das sich auf dem Tangentialschnitt aus prosenchymatischen und etwas verdickten parenchymatischen Zellen zusammensetzt, zu erkennen gibt. Nach Sarton (Recherches expérimentales sur l'anatomie des plantes affines: Ann. sc. nat. IX. série,

tome II. 1905. p. 91) finden sich bei Lavandula spica interfaszikular kleine Fibrovasalstränge in Holzparenchym. Briquet (Natürliche Pflanzenfamilien IV. 3a. S. 187 ff.) gibt eine kurze Zusammenfassung dessen, was über den Gegenstand geschrieben ist, wenn er sagt: „Der Bau der Interfaszikularstreifen des Gefäßbündelringes ist bei den Labiaten je nach den Gruppen ein verschiedener. Sehr oft lokalisieren sich die Gefäße und Siebröhren in kleinen Gruppen, welche durch Libriform von einander getrennt sind."

Von mir wurden Leonurus cardiaca und Nepeta grandiflora genauer auf das Zwischengewebe untersucht. (Ein Uebersichtsbild über den Querschnitt von Leonurus bietet Briquet in den Natürlichen Pflanzenfamilien a. a. O. S. 187.)

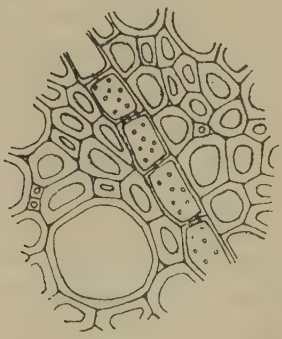
Was Leonurus cardiaca betrifft, so erkennt man auf dem Querschnitt durch ein Internodium in den vier Kanten je zwei große Gefäßbündel, die zu einem zusammengeflossen sind, an den mehr oder wenigen flachen Seiten in Abständen im peripherischen Mark kleinere Gefäßbündel; diese primären Gefäßgruppen setzen sich im sekundären Holz in radialer Richtung nach außen fort in Gefäßbündelstreifen, die auf jeden Fall, mögen sie viele oder wenige weite Gefäße enthalten, sich schon auf dem Querschnitt ebenso, wie die Gewebekomplexe in den Kanten, von dem tangential angrenzenden Zwischengewebe scharf abheben. Zwischen diesen Gefäßbündelstreifen ist sehr regelmäßig angeordnet scheinbar ganz einheitliches Holz zu beobachten ohne Gefäße. Doch ist das „ohne Gefäße" nicht absolut zu nehmen: im spätern Zuwachs treten vielfach auch in diesem interfaszikularen Teil des Holzkörpers einzelne weite Gefäße auf, so daß in den am weitesten nach außen gelegenen Partien des Holzkörpers in alten Internodien Gefäße auf dem ganzen Querschnitt verteilt sind. Nach innen jedoch sind diese Zwischengewebsstreifen gefäßlos. Sie sind von sehr verschiedener Breite: tangential gezählt aus 5 bis 25 Zellreihen zusammengesetzt, und zwar aus außerordentlich regelmäßig

verlaufenden Reihen. Die Elemente haben annähernd quadratische bis rechteckige Gestalt (vergl. Fig. VI), die radialen



Figur VI. Leonurus cardiaca.
Querschnitt durch das Xylem zwischen den Leitbündeln.

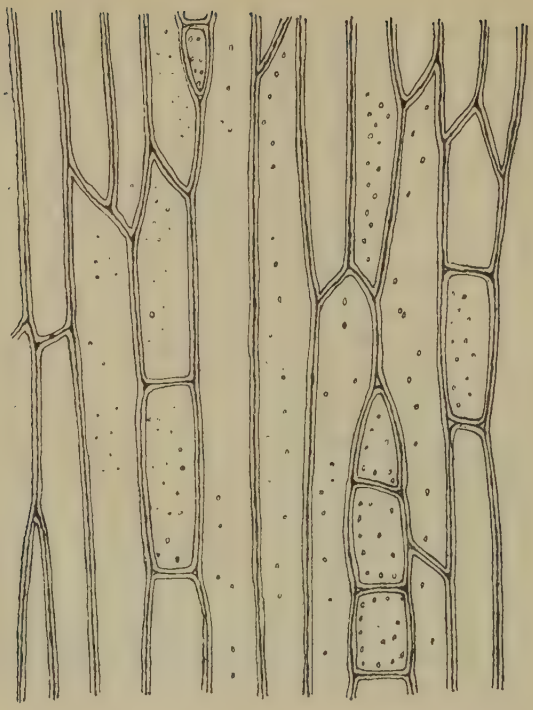
Wände sind nur wenig durch die anstoßenden Zellwände verbogen: so setzen sich die radialen Reihen der Kambiumzellen in diesen Streifen durch das Holz bis zum Mark geradlinig fort. Die Dimensionen der einzelnen Zellen zeigen nur geringfügige Differenzen und stimmen überein mit denen der Kambiumzellen. Nur selten sieht man, daß sich zwischen diese Elemente kleinere Zellen drängen. Ein ganz anderes Bild zeigt das Holz der Gefäßbündel (siehe Figur VII): regel-



Figur VII. Leonurus cardiaca.
Querschnitt durch typisches Libriform (Xylem mit Gefäßen an einer Stengelkante).

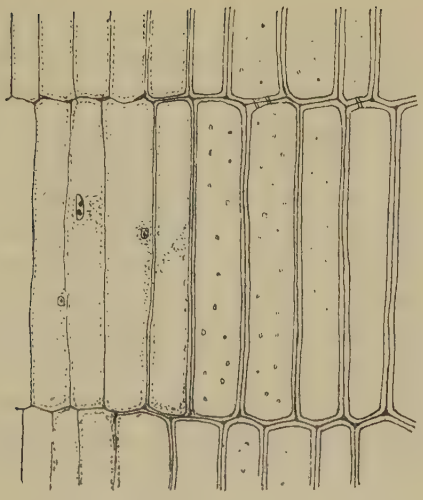
mäßige radiale Reihen bilden hier nur die Markstrahlen; bei den Libriformfasern ist die Regelmäßigkeit des Bildes sehr gestört: zunächst sind es Zellen von sehr verschiedenen Dimensionen, immer aber kleiner als die Zellen im Zwischengewebe. Was sodann im Zwischengewebe selten ist, daß sich Zellen infolge starken Spitzenwachstums zwischen die Elemente der nächstobern oder nächstuntern Etage drängen müssen, ist hier die Regel. Die großen Gefäße ferner, ursprünglich aus gleich großen Kambiumzellen wie die übrigen Elemente hervorgegangen, haben sich stark erweitert. Alle diese Umstände im Verein beeinträchtigen die ursprüngliche Regelmäßigkeit der Querschnittsform bei den einzelnen Fasern, so daß sie unregelmäßig polygonal wird, vielfach radial zusammengedrückt. Dazu kommt noch eine etwas stärkere Verdickung der Fasern in den Gefäßbündelstreifen und ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen. So existiert also schon auf dem Querschnitt eine scharfe Grenze zwischen dem faszikularen und dem interfaszikularen Holz, und es erhellt hieraus, daß wir es nicht mit Uebergangsformen in demselben Sinne zu tun haben, wie im ersten Teil dieser Arbeit; dort handelte es sich um Formen, die aus einer typischen Gewebeart in die andere überleiten.

Der tangentiale Längsschnitt bietet ein ziemlich regelloses Bild von längeren und kürzeren, parenchymatischen und prosenchymatischen Zellen (vergl. hierzu Figur VIII). Vergleicht man den Tangentialschnitt durch das fertige Holz mit einem ebensolchen durch das Kambium, so erkennt man leicht, daß kaum eine Formveränderung mehr mit den Kambiumzellen bis zur definitiven Ausbildung vor sich gegangen ist, abgesehen von der Verdickung der Wände: einzelne Elemente haben eine geringe Verlängerung und Zuspitzung erfahren. Sehr lehrreich ist hierfür auch der radiale Längsschnitt, wobei man in demselben Schnitt die Kambiumzelle samt den von ihr gelieferten Holzzellen nebeneinander sieht (vergl. Figur IX): die Zickzacklinie, welche die Querwände



Figur VIII. Leonurus cardiaca.
Tangentialer Längsschnitt durch das Holz eines alten Internodiums (an einer Seite), und zwar nach innen, wo Gefäße und Tracheïden fehlen.

im Kambium in ihrer Aneinanderreihung in radialer Richtung bilden, setzt sich ebenso durch den gesamten Holzkörper bis zum Marke fort. So begreift es sich, daß auch die Querschnittsform dieselbe geblieben ist, wodurch die große Regelmäßigkeit der Reihen bedingt wird. Hierin haben wir den Hauptunterschied zwischen den Zellen im Zwischengewebe und den Libriformfasern in den Gefäßbündelstreifen: letztere zeigen die für die echten Bastfasern charakteristische



Figur IX. Leonurus cardiaca.
Radialer Längsschnitt durch Cambium und Holz (ohne Gefäße).

Tendenz, sich mit spitzen Enden zwischen einander zu schieben und dadurch ein möglichst kompaktes Faserbündel zu bilden, die Elemente im interfaszikularen Teil dagegen nur in sehr beschränktem Maße.

Die Zellen in den Zwischengewebsstreifen sind, wie oben schon angedeutet wurde, von verschiedener Länge; einzelne messen bis 0,35 mm. Diese sind meistens zugeschärft und spärlich getüpfelt; auch sind die Tüpfel sehr klein, in ihrer Form den Spalten ähnlich und bilden mit der Längsrichtung Winkel von durchschnittlich etwa 25°. In den Leitbündeln dagegen habe ich Libriformfasern von 0,45 bis 1,1 mm Länge gemessen; Tüpfel sind in denselben fast keine, die wenigen vorhandenen sind deutlich lange, schiefe Spalten: dies sind also offenbar typische Skelettzellen. Im Zwischengewebe sind auch den Markstrahlen

der Gefäßbündel ähnliche Elemente zu beobachten, Zellen, die nicht viel länger als breit sind und entweder einzeln oder zu wenigen über einander stehen, bis vier, sehr selten bis acht Zellen. Sie sind parenchymatisch, von allen Elementen des Zwischenholzes am reichsten mit Tüpfeln versehen, die rundlich und relativ groß sind. Zum Vergleich halte man dem gegenüber, daß die typischen Markstrahlen in den großen Leitbündeln nach Herbst (a. a. O. S. 402) bei Leonurus bis 90 Stockwerke hoch sind. Die eben genannten kurzen Zellen sind auch radial nicht breiter als die übrigen Elemente. Die langen, mehr prosenchymatischen, faserähnlichen Zellen und die kurzen, parenchymatischen, den Markstrahlzellen ähnlichen Elemente sind nun die beiden Extreme, zwischen denen alle Uebergänge vorhanden sind, und zwar beziehen sich diese Uebergänge auf die Längenausdehnung und Form der Zellen, sowie auf die Anzahl und Form der Tüpfel: von den faserähnlichen Elementen ausgehend, werden die Zellen kürzer, die Querwände nähern sich mehr der horizontalen Richtung; je mehr die Zellen parenchymatisch werden, desto zahlreicher werden die Tüpfel, desto deutlicher wird ihre Form eine ovale bis runde. In der Wanddicke ist zwischen den verschiedensten Zellen kein Unterschied zu konstatieren. Was die Richtung der Molekularreihen in den Elementen angeht, wo sie nicht aus schiefen Tüpfeln sich ergibt, so habe ich an einer langgestreckten, parenchymatischen Zelle mit rundlichen Tüpfeln im polarisierten Licht gefunden, daß der Verlauf der Molekularreihen mit der Längsrichtung einen Winkel von etwas über 45° bildet.

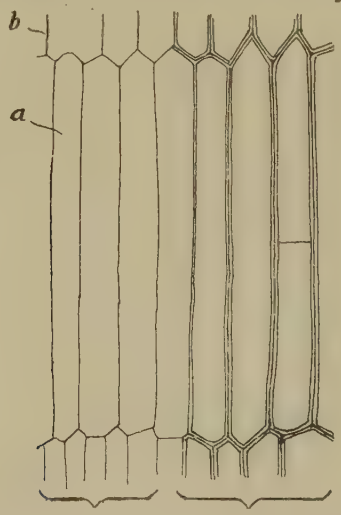
Der Bau der Zwischengewebsstreifen bei Nepeta grandiflora stimmt im wesentlichen mit dem bei Leonurus cardiaca überein, was die Lagerung und die Breite der Streifen, sowie die Regelmäßigkeit des Querschnittsbildes betrifft. Wieder sind drei Zellformen zu unterscheiden: lange prosenchymatische, kurze parenchymatische und Zwischenformen zwischen

beiden. Doch sind ganz durchgehends die Zellen länger gestreckt als bei Leonurus. So kommt es, daß die Elemente der ersten Gruppe 0,3 bis 0,43 mm messen; sie sind auch mehr zugespitzt, die Tüpfel großenteils echte Spalten, nur kürzer, weniger steil aufgerichtet und zahlreicher als in den Libriformfasern der Gefäßbündel. Danach sind diese Zellen, welche die Hauptmasse des Zwischengewebes ausmachen, als typische Libriformfasern zu bezeichnen. Die ganz kurzen, den Markstrahlzellen ähnlichen Elemente, die bei der vorhin beschriebenen Pflanze sich vorfanden, fehlen hier; doch sind Zellformen vorhanden mit zahlreicheren, größeren Tüpfeln von mehr rundlicher Gestalt, als die übrigen Elemente sie aufweisen, aber sie sind in longitudinaler Richtung länger gestreckt als bei Leonurus. Zwischen diesen beiden Formen stehen die eigentlichen Uebergangsformen mit meistens elliptischen Tüpfeln, welche linksschief gestellt sind. Die Scheidewände sind teils quer gestellt, teils wenig schief.

Sonach haben wir bei den Labiaten die vier Kanten, die wie Strebepfeiler das Gebäude der Pflanze tragen; sie sind zu diesem Zweck mechanisch außerordentlich stark ausgerüstet durch das Kollenchym unter der Epidermis, den Bastbelag an der Außenseite des Leptoms und die starken Libriformfasern in den Gefäßbündeln. Die vier Strebepfeiler, die in ihrer Kombination zwei gekreuzte Träger darstellen, sind nun seitlich starr verbunden durch das Zwischengewebe. Es setzt sich dies zusammen aus Elementen, die zwar unter sich und in verschiedenen Pflanzen qualitative Verschiedenheiten aufweisen, in ihrer Hauptmasse jedoch durch ihre Wandstruktur auf eine mechanische Funktion hinweisen, teilweise selbst zu den Stereïden gehören.

Nicht so verschiedene Zellformen weist das Zwischengewebe im sekundären Holz bei Begonia auf. F. Hildebrand (Anatomische Untersuchungen über die Stämme der Begoniaceen. Berlin 1859) bemerkt dazu: „Zwischen den Gefäßbündeln, die in einem Kreis angeordnet sind, lassen sich keine

Markstrahlen auffinden, welche in ihrer Bildung denen gleichkommen, welche bei den meisten übrigen Dikotyledonenstämmen sich finden. Statt ihrer kommt eine andere Bildung zwischen den einzelnen, manchmal ziemlich weit von einander entfernten Gefäßbündeln vor; dieselben werden nämlich verbunden durch eine Gruppe lang gestreckter, stark verdickter Zellen, welche sich von den Holzzellen der Gefäßbündel nur durch etwas geringere Verdickung, durch weniger spitze, bisweilen ganz stumpfe, manchmal auch zweizahnige Enden und durch etwas größeren Dickendurchmesser unterscheiden.“ Was die zweizahnigen Enden der Zellen angeht, so finden sie sich auch sonst im Pflanzenreiche hin und wieder. Wie sie zustande kommen, kann man sich aus der Figur X unschwer vorstellen: Wenn die

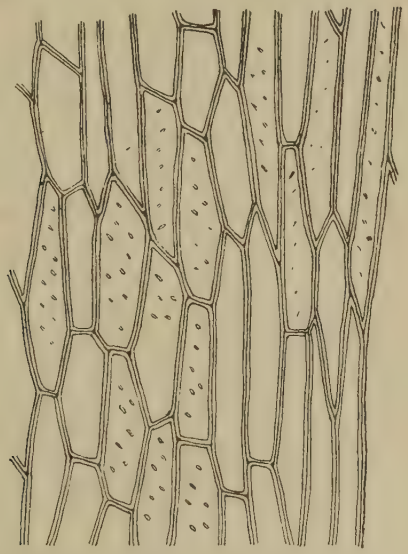


Figur X. Begonia metallica.
Radialer Längsschnitt durch Cambium und Holz.

mit a bezeichnete Kambiumzelle, die sich schon in das Lumen der darüber liegenden Zelle b etwas vorgewölbt hat, ihr

Spitzenwachstum an dieser Stelle noch etwas weiter fortsetzt, so wird Zelle b bald Zelle a mit zwei spitzen Enden umfassen.

Bei Begonia manicata sind die Zellen im Zwischengewebe ihrer Form nach parenchymatisch zu nennen: die Querwände sind in der Mehrzahl entweder horizontal oder weichen von der Horizontalen nur wenig in ihrer Richtung ab, wie Figur XI zeigt, die einen tangentialen Längsschnitt



Figur XI. Begonia manicata.
Zwischengewebe: tangentialer Längsschnitt.

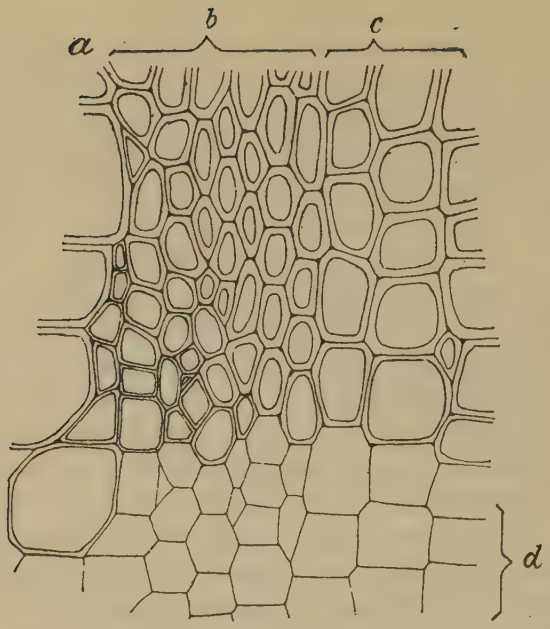
durch einen ziemlich schmalen Zwischengewebsstreifen darstellt. Rechts sind schon die Fasern des anstoßenden Leitbündels zu sehen, links folgten sie im Schnitt sofort. Auch an einem Querschnitt konnte ich diese Beobachtung über die parenchymatische Form der Zellen bestätigt finden: In einer radialen Reihe von Zellen waren die Querwände im Präparat: in radialer Richtung verliefen sie ungefähr

in der Ebene des Objekttisches, in tangentialer Richtung waren sie dachförmig geneigt, aber nicht stark. Die Länge dieser Elemente beträgt 0,105 bis 0,175 mm; nur selten findet man längere. Die Tüpfel sind teils typisch spaltenförmig, teils elliptisch mit spitz ausgezogenen Enden, wobei die Ellipsen breiter oder schmäler sind. Beide Arten von Tüpfeln sind schief gestellt unter Winkeln von 50^0 und etwas mehr zur Längsachse. Zum Vergleich sei erwähnt, daß in den Leitbündeln typische, zugespitzte Libriformfasern vorkommen mit engen Spalten, die etwas steiler aufgerichtet sind als im Zwischengewebe. Nicht besonders häufig finden sich in den Zellen der Interfaszikularstreifen auch große, quer gestellte Ovale, bei denen jedoch die Streifung sich noch in spitzen, schwanzförmigen, schief gerichteten Anhängseln zeigt, wodurch der Verlauf der Molekülreihen angedeutet wird. Es sind dies also Zellen, die in der Vermittlungsreihe zwischen Libriform und Parenchym sich dem typischen Parenchym sehr nähern, wie überhaupt bei Begonia manicata das Zwischengewebe näher beim Parenchym als beim Libriform steht. Auf eine mechanische Funktion weisen noch die teils spaltenförmigen, teils ihnen ähnlichen elliptischen Tüpfel in ihrer linksschiefen Richtung hin; die hierdurch angedeutete Struktur steht freilich etwa auf der Grenze, an der sich Faser- und Parenchymstruktur begegnen.

Näher nach der Seite der typischen Stereïden stehen die Zwischengewebselemente bei Begonia metallica. Auf diese trifft die Beschreibung zu, die Warburg (Engler-Prantl: Natürliche Pflanzenfamilien. III. 6a. S. 125) gibt: „Die Unterbrechungen des Gefäßbündelringes bestehen bei den aufrechten, strauchigen Arten gewöhnlich aus langgestreckten Zellen mit schrägen, etwas spitzen Endflächen und dicken, verholzten Wänden mit Spalttüpfeln und spärlichem Inhalt, also nicht aus eigentlichen Markstrahlelementen.“ Auch Solereder (Systematische Anatomie der Dikotylen) sagt, daß das zwischen den Leitbündeln in radialer Richtung ver-

laufende Grundgewebe aus Zellen bestehe, die mehr dem Prosenchymtypus zugehörten. Ueber die tangentiale Breite der Zwischengewebsstreifen habe ich ganz ähnliche Zahlen ermittelt, wie für Leonurus cardiaca: 6 bis 25 Zellreihen. Die Gefäßbündelstreifen sind oft sehr schmal, nur aus einer einzigen Reihe von Gefäßen bestehend, die auf jeder Seite begleitet ist von Holzparenchym und mehreren Reihen Libriform. Dieses Libriform, genau wie dasjenige in den großen Gefäßbündeln, ist englumig, seine Zellen 8 bis 13 Mikromillimeter weit, langgestreckt, zugespitzt, mit einfachen, engen, lang spaltenförmigen Tüpfeln, deren Neigung zur Längsrichtung etwa 25° beträgt. Auch im Zwischengewebe sind die Zellen, im Verhältnis zur vorigen Art, langgestreckt: 0,33 bis 0,5 mm, die Lumenweite beträgt 0,016 bis 0,021 mm. Die Querwände sind meistens mehr oder weniger dachförmig schief gestellt. Die Tüpfel sind teils breitere Spalten, die auch kürzer sind als in den Fasern der Bündelstreifen, teils Ellipsen mit schwanzförmigen Anhängseln. Die Neigung der Spalten zur Längsrichtung beträgt 45° und weniger. Auch die Zellwanddicke ist nicht unbeträchtlich verschieden: in den Fasern der Gefäßbündel bis 3,5, im Zwischengewebe 1,5 bis 2 Mikromillimeter. Manchmal sind die interfaszikular liegenden Elemente ebenso wie die echten Fasern durch dünne Querwände gefächert.

Der Querschnitt demonstriert deutlich, was oben schon für die Labiaten über den Hauptunterschied zwischen dem typischen Libriform in den Leitbündeln und den Elementen im Zwischengewebe gesagt wurde. Es ist in Figur XII die Grenze zwischen den beiden Gewebearten gezeichnet. In der linken Hälfte, die ein Stück eines Gefäßbündelstreifens wiedergibt, kann man beobachten, wie vier Kambiumreihen sich in sieben Zellreihen des sekundären Holzes fortsetzen; dies ist hier jedenfalls durch starke Streckung der nächstobern oder nächstuntern Etage gekommen, wodurch deren Zellen in die vor uns liegende Reihe hineingewachsen sind;



Figur XII. Begonia metallica.
Querschnitt: a) Reihe von Gefäßen, anschließend stellenweise Parenchym, b) Libriform im Leitbündel, c) Zwischengewebe, d) Cambiumregion.

teilweise ist dies schon auf sehr frühen Stadien eingetreten. Im Zwischengewebe ist das Bild viel regelmäßiger. Das starke Hineinwachsen von Zellen in die darüber oder darunter liegende Etage kommt hier selten vor. So konnte ich an einem 24 Reihen (tangential gezählt) breiten Zwischengewebsstreifen, in dem die einzelnen Reihen durchschnittlich 12 Zellen stark waren, nur 8 kleine Zellen notieren, die sich an einigen Stellen dazwischen geschoben hatten. Noch muß ich bemerken, daß der Unterschied zwischen den beiden Gewebearten nicht überall so scharf ausgeprägt ist, wie in dem angegebenen Fall. Doch bleibt es bei den untersuchten Labiaten und Begonien ein durchgreifendes

Merkmal des sekundär gebildeten Zwischengewebes, daß es sich schon auf dem Querschnitt scharf abhebt gegen das ihm sonst zunächst verwandte Libriform der Gefäßbündel.

Eine solche Grenze ist auf dem Querschnitt von Pelargonium zonale nicht zu sehen. Hier ist die Regelmäßigkeit der radialen Reihen auch im Zwischengewebe viel mehr gestört und fast aufgehoben durch das Eindringen des darüber oder darunter liegenden Stockwerkes. Das meint auch Jännicke, wenn er schreibt, der Holzkörper von Pelargonium peltatum (mit dem P. zonale im wesentlichen übereinstimme) sei charakterisiert durch das Fehlen der Markstrahlen und durch die zahlreichen Gefäße, zwischen denen die Prosenchymzellen regellos zerstreut lägen und nur manchmal größere, zusammenhängende und regelmäßig in Reihen geordnete Partien bildeten. Deutlich wird aber der Unterschied zwischen den in Rede stehenden Zellformen auf dem Längsschnitt. In unmittelbarer Nähe von Gefäßen, namentlich in radialer Fortsetzung von ihnen, ist typisches Libriform zu beobachten: langgestreckte, zugespitzte Zellen mit engen, lang spaltenförmigen Tüpfeln, die meist sehr steil aufgerichtet sind, unter kleinem Winkel (5 bis 10°) zur Längsachse. Die Fasern sind ebenso wie die extrakambialen Bastfasern vielfach durch dünne Querwände gefächert. Von diesen typischen Stereïden unterscheiden sich nun die Elemente des Zwischengewebes hauptsächlich durch die Tüpfelung. Recht beträchtliche Längen kommen hier noch vor: viele messen bis 0,5, einzelne bis 0,95 mm. Die Wände sind schief bis quer gestellt. In den Tüpfeln herrscht große Mannigfaltigkeit: am wenigsten kommen typische Spalten vor, die aber auch dann nicht so lang sind, wie in den vorhin beschriebenen Fasern, außerdem nicht so steil aufgerichtet wie dort; häufiger sind ovale und runde Tüpfel, namentlich wenn tangential die Streifen zwischen zwei Gefäßbündelregionen breiter sind, die Ovale sind meistens

schief gestellt. Die Tüpfel sind durchgehends außerordentlich klein und, namentlich auf den tangentialen Wänden in einer nicht ganz regelmäßig longitudinal verlaufenden Linie sehr zahlreich. Auch sehr lang gestreckte Zellen haben öfters in der Mehrzahl rundliche Tüpfel. Bei diesen Zellen mit rundlichen Tüpfeln ist die Molekularstruktur, die nur durch Beobachtung im polarisierten Licht zu erkennen ist, ebenso wie in den Elementen mit schiefen Tüpfeln eine solche, wie sie für Bastfasern bekannt ist. Der Winkel, den die Richtung des Molekularverlaufs mit der Längsachse bildet, beträgt ca. 35°. Verhältnismäßig selten kommen auch ganz kurze Zellen vor, die jedoch im übrigen gerade wie die sie umgebenden gebaut sind und nicht etwa in radialer Richtung eine Streckung aufweisen. Bemerkenswert ist auch hier, daß namentlich elliptische Tüpfel, aber nicht alle, an ihren schmalen Enden sich fortsetzen durch einen ganz seichten Spalt, der sich noch eine Strecke weit in derselben Richtung wie der Tüpfel hinzieht und schließlich ganz spitz ausläuft.

Lebenslauf.

Am 1. Februar im Jahre 1878 wurde ich, Joseph Reitler, als Sohn des Bergmanns Friedrich Reitler zu Wehrden an der Saar (Rheinland) geboren. Ich bekenne mich zur katholischen Religion. Die Volksschulbildung erhielt ich in der Schule des Heimatdorfes, humanistische zuerst durch privaten Unterricht, dann am Königlichen Friedrich-Wilhelms-Gymnasium zu Trier. Das Gymnasium verließ ich Ostern 1899 mit dem Zeugnis der Reife und widmete mich hierauf durch vier Jahre theologischen Studien im Bischöflichen Priesterseminar zu Trier. Nach der Priesterweihe wurde ich Ostern 1903 in derselben Stadt als Kaplan angestellt, bezog jedoch Ostern 1906 die Königliche Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, an der ich bis jetzt naturwissenschaftlichen, vor allem botanischen Studien obgelegen habe.

Ich hörte Vorlesungen und nahm teil an den Uebungen der Herren Professoren: Ascherson, Baur, Branca, Claussen, Engler, Fischer, Hertwig, Kny, Lindau, P. Magnus, W. Magnus, Plate, Reinhardt, Riehl, Schwendener, Stremme.

Allen meinen verehrten Lehrern, namentlich aber Herrn Geheimrat Schwendener, bleibe ich zu herzlichem Danke verpflichtet.

Die mündliche Promotionsprüfung bestand ich am 17. Februar 1910.